

PARTÍCULAS DE LA MATERIA. ¿CÓMO PUEDEN IDENTIFICAR LAS MOLÉCULAS LOS ALUMNOS DE SECUNDARIA?

María Ángeles Moltó, María Isabel Hernández, Roser Pintó
Universitat Autònoma de Barcelona

RESUMEN: En una propuesta diseñada por las autoras -una vez reconocida la necesidad de distinguir los diferentes tipos de partículas submicroscópicas constituyentes de la materia, para poder explicar, a partir del modelo cinético-corpúscular, diversos fenómenos relacionados con la materia- se propone a los estudiantes una definición operacional de molécula, que la relaciona con propiedades del mundo macroscópico y del mundo submicroscópico. A partir de las producciones de los alumnos de cuarto de la ESO, se analizan las dificultades que tienen en la resolución de las actividades para poder caracterizarlas y hacer los cambios adecuados en la secuencia didáctica para solucionarlas.

PALABRAS CLAVE: partículas, moléculas, modelo cinético-corpúscular, materia.

OBJETIVOS: Identificar hasta qué punto los alumnos reconocen un tipo de partículas submicroscópicas, las moléculas, y hasta qué punto relacionan algunas propiedades macroscópicas de la materia, como las temperaturas de fusión y de ebullición con la estructura interna submicroscópica de las sustancias, según el modelo cinético-corpúscular consensuado por la ciencia.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la literatura de la didáctica de las ciencias podemos encontrar diferentes propuestas para una TCC escolar como la de Vos & Verdonk (1996), la de Stern & Ahlgern (2002) o la de Wiser & Smith (2008). Todas estas propuestas se corresponden con un modelo básico de la TCC en el cual a los estudiantes desde los niveles iniciales se les habla de partículas (átomos, moléculas e incluso iones), a pesar de que no se especifica la diferencia entre ellas (Taber, 2003), y se explican fenómenos como los cambios de estado hablando de partículas (átomos, moléculas) sin entrar en más detalles (Treagust *et al.*, 2013).

Para nosotras, el hecho de distinguir entre los diferentes tipos de partículas es una cuestión relevante, ya que la comprensión de estos conceptos (átomos, moléculas e iones) (Harrison & Treagust, 1996; Taber, 2002) permitirá a los estudiantes avanzar de una manera progresiva en la construcción correcta de un modelo conceptual CC que podríamos denominar avanzado.

El análisis del currículum de Ciencias de la enseñanza obligatoria de Cataluña revela que la secuenciación propuesta para introducir los conceptos de partículas, átomos y moléculas puede provocar algunos problemas que tienen amplias repercusiones. Podríamos hablar de una transposición didáctica

defectuosa. Son ejemplos de esta transposición las propuestas incluidas en un número destacado de libros de texto en las que, suponemos que, con la idea de simplificar, se utilizan únicamente ejemplos de sustancias formadas por moléculas, sin tener en cuenta que también existen las sustancias iónicas y metálicas. De esta manera, los fenómenos de la materia (cambios de estado, mezclas, cambios químicos y otros) sólo se analizan desde la perspectiva de las moléculas (Andrés, de Luís, de Prada, Vidal, 2007 y 2008; de las Heras, García, Polinio, Simón, Tena, 2015; Fernández, Martínez de Murguía, Mingo, Torres, 2012 y Fontanet, Martínez de Murguía, 2007 y 2008).

En los niveles inferiores de la enseñanza secundaria se explican determinadas propiedades de las sustancias a través de sus partículas (átomos y moléculas) y se expresa de este modo: partículas (átomos y moléculas) sin tratar qué son los átomos y las moléculas. En los cursos siguientes se introduce extensamente la idea de átomo y posteriormente se introduce la teoría de enlace, y es aquí donde se habla con gran profusión de moléculas, pero ahora ya sin conectarlas con determinados fenómenos de la materia. En concreto, ya no se vuelve a hablar de fenómenos físicos y aparecen los fenómenos químicos. Es como si hubiera dos teorías que explican la estructura de la materia: una que explica las propiedades físicas y otra que explica las propiedades químicas.

Esta situación comporta problemas importantes a los estudiantes ya que, si no son capaces de distinguir las sustancias formadas por moléculas de otras sustancias, no pueden justificar muchas de las propiedades de las sustancias sin contradecirse. Por ejemplo, no pueden dar razones del por qué unas sustancias tienen valores para las temperaturas de fusión y ebullición mucho mayores o menores que otras sustancias. Para poder justificarlo, hay que recurrir a las interacciones más o menos intensas entre las partículas y no son suficientes los argumentos basados en los movimientos de vibración de las partículas. Por ejemplo, tampoco pueden justificar por qué algunas sustancias en estado líquido conducen la corriente eléctrica y otras no, o por qué algunas disoluciones pueden conducir la electricidad y otras no, o por qué el agua es capaz de existir en los tres estados a temperaturas cotidianas y esto no puede ocurrir con el hierro o la sal.

¿Qué son las moléculas para los alumnos de la ESO?

En nuestro trabajo hemos dado una definición operacional de molécula como la partícula que está formada por agrupaciones de átomos no metálicos. Hablamos de definición operacional porque no nos interesa entrar en las profundidades de lo que es una molécula desde el punto de vista de la química, ya que no se trata de un concepto sencillo y no creemos que los alumnos de niveles de secundaria necesiten comprenderlo (Hadenfeldt, Liu & Neumann, 2014), pero sí creemos que, sin llegar a entenderlo en profundidad, conviene que puedan utilizarlo desde los niveles intermedios, con la intención de que el modelo que vayan conformando en su mente esté más próximo al modelo científico. Creemos que es más adecuado que los alumnos piensen en moléculas como agrupaciones de átomos no metálicos que simplemente que utilicen el término sin contenido o como toda agrupación de átomos.

Esta definición es fácil de utilizar, ya que los alumnos de 4º de ESO están familiarizados con las expresiones de las fórmulas químicas y son capaces de identificar la naturaleza metálica y no metálica de un átomo a partir de su posición en la tabla periódica.

El hecho de relacionar las propiedades macroscópicas (temperatura de fusión y temperatura de ebullición) con la idea de molécula conecta de una manera clara y potente los dos mundos: macroscópico (el del fenómeno) y submicroscópico (el de la explicación).

METODOLOGIA

Para abordar nuestro objetivo, se ha llevado a cabo un estudio fenomenológico utilizando una metodología cualitativa dentro del paradigma interpretativo.

Para ello se ha utilizado una unidad didáctica con el enfoque que se indica más abajo y se ha aplicado a un grupo de alumnos ($n=18$) de la optativa de física y química de 4º de ESO (15-16 años) de un instituto situado en la provincia de Barcelona. Este grupo de alumnos constituye la muestra de este trabajo de investigación. La secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) fue diseñada a partir de las ideas clave que constituían una progresión de aprendizaje sobre el modelo CC avanzado, en el que se hacía especial hincapié en la distinción entre los diferentes tipos de partículas (moléculas, átomos e iones) que constituyen los diferentes tipos de sustancias y que pueden explicar sus propiedades.

Los instrumentos utilizados para la recogida de datos son las producciones de los alumnos en dos de las actividades (10 i 12) de la unidad didáctica indicada:

Tabla 1.
Activitat i pregunta

ACTIVIDAD	PREGUNTA
10	De acuerdo con la definición (las moléculas son partículas submicroscópicas formadas por agrupaciones de átomos no metálicos) y utilizando la tabla periódica, indica qué sustancias están formadas por moléculas. Justifica tus respuestas.
12	Utiliza los resultados de la actividad 10, relacionalos con las agrupaciones que has hecho en los apartados d y e de la actividad 12 y contesta: ¿Qué tipos de partículas (átomos, moléculas o iones) forman las sustancias con temperaturas de fusión bajas? ¿Qué tipos de partículas (átomos, moléculas o iones) forman las sustancias con temperaturas de ebullición bajas?

RESULTADOS

A partir del análisis de las respuestas de las diferentes tareas de cada actividad, se han establecido unas codificaciones que nos permiten agrupar a los estudiantes por categorías (tabla 2).

Tabla 2.
Resultados por tareas

ACTIVIDAD	CATEGORIA		
10	Alumnos que aplican la definición operacional de molécula como agrupación de átomos no metálicos y que también consideran como moléculas las agrupaciones de átomos no metálicos iguales	29%	
	Alumnos que aplican la definición operacional de molécula como agrupación de átomos no metálicos pero no consideran como moléculas las agrupaciones de átomos no metálicos iguales	12%	

ACTIVIDAD	CATEGORIA			
10	Alumnos que no aplican la definición operacional de molécula como agrupación de átomos no metálicos		29%	
	Alumnos que no han completado la actividad en su totalidad	35%	Alumnos que aplican la definición operacional de molécula como agrupación de átomos no metálicos y que también consideran como moléculas las agrupaciones de átomos no metálicos iguales	83%
			Alumnos que no aplican la definición operacional de molécula como agrupación de átomos no metálicos	17%
12	Alumnos que relacionan las Tf i Teb bajas con las moléculas		36%	Alumno 12: “Las Moléculas, formadas por agrupaciones de átomos no metálicos, tienen una temperatura de fusión baja pero los metales en general tienen una temperatura de fusión alta. Y las moléculas formadas por agrupaciones de átomos no metálicos también son las que en general tienen temperaturas de ebullición bajas. Mientras que los metales en general necesitan mucha más temperatura”.
	Alumnos que relacionan las Tf y Teb bajas con átomos no metálicos		14%	Alumno 7: Como el punto de ebullición es bajo las uniones entre partículas serán débiles, serán átomos no metálicos”
	Alumnos que no relacionan las Tf i Teb bajas con las moléculas		50%	Alumno 17: “Las sustancias con temperaturas de fusión bajas son átomos, y las sustancias con temperatura de ebullición baja son moléculas”.

Si se consideran las respuestas completas (de los alumnos que acabaron las actividades propuestas) las explicaciones satisfactorias corresponden sólo a un 29% de la muestra. Hay un grupo de alumnos (12%) que no engloba en su definición de molécula las agrupaciones de átomos no metálicos si son iguales. Por otra parte, la mayoría de los alumnos que no completaron la actividad en su totalidad (35%) aplicaron la definición operacional de molécula correctamente en aquellas sustancias que contestaron y, por tanto, se podría considerar que les explicaciones satisfactorias ascienden a un 59%.

En cuanto a la actividad 12, el éxito de la implementación de la secuencia ha sido del 50%. Una mitad de los alumnos es capaz de relacionar las temperaturas Tf i Teb con las moléculas o las agrupaciones de átomos no metálicos, mientras que la otra mitad no ha podido establecer tal relación.

CONCLUSIONES

La implementación de la SEA ha permitido a algunos alumnos adquirir los conceptos tratados, pero otros evidencian la necesidad de cambios en ella de manera que ésta les ayude a hacer una revisión del modelo que están construyendo.

Del análisis de las explicaciones de los alumnos se desprenden también otras dificultades subyacentes como la interpretación del significado de las palabras (por ejemplo, en la palabra “agrupación”), la utilización del lenguaje, la justificación, la comprensión lectora, el detectar errores en la información de los datos físicos numéricos, etc. Estas dificultades son de diferente naturaleza y se deberían tener en cuenta para la mejora de la SEA. La clasificación de estas dificultades subyacentes en función de su naturaleza (lenguaje, lógica matemática...) nos permitiría abordarlas con las aproximaciones adecuadas en futuras ediciones.

Habría que tener en cuenta que el espíritu crítico y la precisión en el uso del lenguaje son competencias que deben abordarse desde distintas disciplinas. Su dominio redundaría, a buen seguro, en la captación de los matices de las definiciones y explicaciones recibidas.

RECONOCIMIENTOS

Investigación realizada en el marco del grupo *LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències)* financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU2015-66643-C2-1-P). El *Grup LIEC* forma parte del grupo de investigación consolidado *LICEC* (referencia 2014SGR1492)

BIBLIOGRAFIA

- ANDRÉS X., DE LUÍS, J.L., DE PRADA, F., VIDAL, M.C. (2007) Física i Química, 3r ESO. Barcelona: Grup Promotor/Santillana Educación, S.L.
- (2008) Física i Química, 4t ESO. Barcelona: Grup Promotor/Santillana Educación, S.L.
- DE LAS HERAS, A., GARCÍA, M., POLONIO, D., SIMÓN, M., TENA, G., (2015) Física i química, 3r ESO. Barcelona: Editorial Cruïlla.
- DEPARTAMENT D'EDUCACIÓ (2015). Currículum educació secundària. Generalitat de Catalunya. Departament d'Educació. Recuperado de <http://xtec.gencat.cat>
- DE VOS, W. & VERDONK, A. (1996). The particulate of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6) 657-664.
- FERNÁNDEZ, M.À., MARTÍNEZ DE MURGUÍA, M.J., MINGO, B., TORRES, M.D. (2012) Nou Espai Ciències de la naturalesa, 1. Barcelona: Editorial Vicens Vives.
- FONTANET, À., MARTÍNEZ DE MURGUÍA, M.J. (2007) Positró 3r ESO. Barcelona: Editorial Vicens Vives.
- (2008) Positró 4t ESO. Barcelona: Editorial Vicens Vives.
- HARRISON, A. & TREAGUST, G. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80 (5) 509-534.
- HADENFELDT, J., LIU, X. & NEUMANN, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education* 50 (2) 181-208.
- STERN, L. y AHLGREN, A., (2002). Analysis of students' assessments in middle school curriculum materials: Aiming precisely at benchmarks and standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 889-910.

- WISER, M. & SMITH, C. (2008) Learning and Teaching about Matter in Grades K-8: When Should the Atomic-Molecular Theory Be Introduced? In S. Vosniadou (Eds), *International Handbook of Research on conceptual change* (pp. 205-239). New York: Routledge.
- TABER, K. (2002) Chemicals axioms. In *Chemical Misconceptions-Preventions, Diagnosis and Cure: Theoretical background* (vol. 1) (pp. 85-108). London: Royal Society of Chemistry.
- (2003) The atom in the chemistry curriculum: fundamental concept, teaching model or epistemological obstacle? *Foundations of Chemistry*, 5 (1) 43-84.
- TREAGUST, D., CHANDRASEGARAN, A., HALIM, L., ONG, E. NURULAZAM, A. & KARPUDEWAN, M. (2013) Understanding of basic particle nature of matter concepts by secondary school students following an intervention programme. In G. Tsaparlis, H. Sevan (Eds), *Concepts of Matter in Science Educations* (pp. 125-141). Dordrecht: Springer Science.